

MONITORING DEVICE FOR WAVELENGTH OF LASER BEAM SOURCE

Patent Number: JP10253452
Publication date: 1998-09-25
Inventor(s): TEI DAIKOU; MEKATA NAOYUKI; MURAKAMI TOMOHIRO
Applicant(s): SUN TEC KK
Requested Patent: ☐ JP10253452
Application Number: JP19970053127 19970307
Priority Number(s):
IPC Classification: G01J3/26
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To accurately monitor the wavelength of a laser beam using a very simple constitution.
SOLUTION: Incident light impinges on an interference light filter 3. The light transmitted through the interference light filter 3 and the light reflected thereby are received by respective photodiodes PD1, PD2. The ratio of their outputs is calculated by means of an adder 13, a subtractor 14, and a divider 15. According to a division output, a table in ROM 22 is read as a wavelength monitor signal.

Data supplied from the **esp@cenet** database - 12

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-253452

(43) 公開日 平成10年(1998) 9月25日

(51) Int.Cl.⁶

G 0 1 J 3/26

識別記号

F I

G 0 1 J 3/26

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平9-53127

(22) 出願日 平成9年(1997) 3月7日

(71) 出願人 591102693

サンテック株式会社

愛知県小牧市大字上末122番地

(72) 発明者 鄭 台鎬

愛知県小牧市大字上末122番地 サンテック株式会社内

(72) 発明者 女鹿田 直之

愛知県小牧市大字上末122番地 サンテック株式会社内

(72) 発明者 村上 知広

愛知県小牧市大字上末122番地 サンテック株式会社内

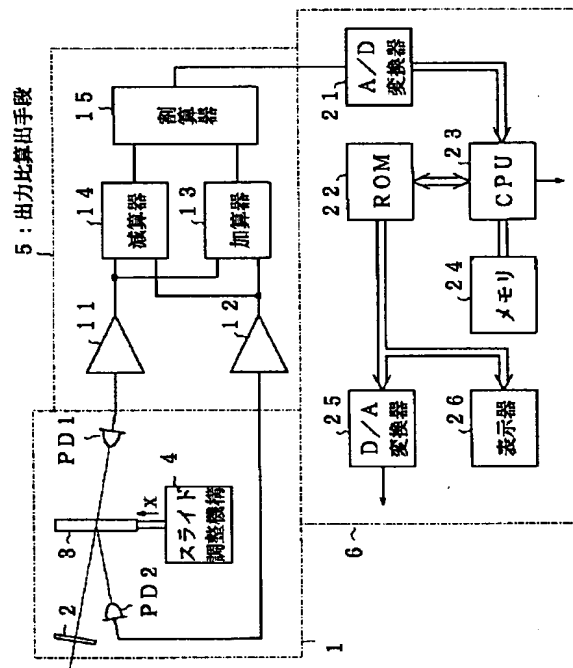
(74) 代理人 弁理士 岡本 宜喜 (外1名)

(54) 【発明の名称】 レーザ光源の波長モニタ装置

(57) 【要約】

【課題】 極めて簡単な構成で正確にレーザ光の波長をモニタできるようにすること。

【解決手段】 入射光を干渉光フィルタ3に入射する。この干渉光フィルタ3を透過した光と反射した光を夫々フォトダイオードPD1、PD2で受光する。そしてその出力比を加算器13と減算器14及び割算器15によって算出する。割算出力に基づいてROM22のテーブルを讀出して波長モニタ信号とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーザ光源の光が入射され所定波長の光を透過させ、他を反射させる光フィルタと、前記光フィルタを透過する光及び前記光フィルタに反射される光を夫々受光する第1、第2の受光素子と、前記第1、第2の受光素子の出力比を算出する出力比算出手段と、前記出力比算出手段によって算出された出力比に基づいてレーザ光源の波長を出力する波長出力手段と、を具備することを特徴とするレーザ光源の波長モニタ装置。

【請求項2】 前記光フィルタは、透過波長 λ に対して $\lambda/4$ の光学厚さを有する低屈折率膜及び高屈折率膜を交互に多重に積層して構成された干渉光フィルタであることを特徴とする請求項1記載のレーザ光源の波長モニタ装置。

【請求項3】 前記干渉光フィルタは、透過波長 λ が基板の所定方向に対して連続的に変化するようにその光学厚さを連続的に変化させたものであり、前記波長モニタ装置は、前記レーザ光源から前記干渉光フィルタへの入射光の入射位置をその所定方向に対して連続的に変化させるスライド調整機構を更に有するものであることを特徴とする請求項2記載のレーザ光源の波長モニタ装置。

【請求項4】 前記レーザ光源と光フィルタとの間に前記光フィルタの透過波長をカットオフ波長とするカットフィルタを更に設けたことを特徴とする請求項1～3のいずれか1項記載のレーザ光源の波長モニタ装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は光通信等に使用される半導体レーザ等のレーザ光源の波長をモニタするための波長モニタ装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】現在光通信においては、光ファイバに多数の波長の光を多重化して通信することにより、伝送量を単一波長の光を用いた場合に比べて大幅に増加させる波長多重通信方式が検討されている。波長多重通信を実現するためには、光信号をそのまま増幅できる比較的狭い波長の帯域内に、例えば1nm以下の間隔で多数の波長のレーザ光を伝送するため、レーザ光源の波長を簡単にモニタする必要がある。又、光情報処理、光計測においてもレーザ光源の波長を正確に認識することは重要な課題である。

【0003】レーザ光源の波長を識別するために、光干渉計を用いて基準となる波長との差を電気信号に変換して算出することにより、波長をモニタするようにした光波長計が用いられている。又光分光のための光スペクトラアナライザ等も用いられ、グレーティングや可変フィルタを用いた分光装置が用いられている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながらこのような従来の干渉計による方法では、高精度が得られるが、可動部があり、高価で、小型化することは難しいという欠点があった。更に光スペクトラムアナライザも応用範囲が広いが、グレーティングやフィルタを用いたものでは高価で小型化することが難しいという欠点があった。又フォトダイオードアレイで受光するようにした分光装置では、可動部がないという特徴があるが、分解能が低く、高精度の波長検出特性が得られないという欠点があった。

【0005】特に波長多重通信方式においては、使用される光源の波長の範囲は数十nmと狭いことが多いが、その範囲内で例えば1mm以下の分解能で波長を正確にモニタできるようにすることが好ましい。しかしこのような波長モニタ装置は実現されていなかった。

【0006】本発明はこのような従来の問題点に着目してなされたものであって、極めて簡単な構成で正確に入射した波長をモニタすることができるレーザ光源の波長モニタ装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】本願の請求項1の発明は、レーザ光源の光が入射され所定波長の光を透過させ、他を反射させる光フィルタと、前記光フィルタを透過する光及び前記光フィルタに反射される光を夫々受光する第1、第2の受光素子と、前記第1、第2の受光素子の出力比を算出する出力比算出手段と、前記出力比算出手段によって算出された出力比に基づいてレーザ光源の波長を出力する波長出力手段と、を具備することを特徴とするものである。

【0008】本願の請求項2の発明では、前記光フィルタは、透過波長 λ に対して $\lambda/4$ の光学厚さを有する低屈折率膜及び高屈折率膜を交互に多重に積層して構成された干渉光フィルタであることを特徴とするものである。

【0009】本願の請求項3の発明では、前記干渉光フィルタは、透過波長 λ が基板の所定方向に対して連続的に変化するようにその光学厚さを連続的に変化させたものであり、前記波長モニタ装置は、前記レーザ光源から前記干渉光フィルタへの入射光の入射位置をその所定方向に対して連続的に変化させるスライド調整機構を更に有することを特徴とするものである。

【0010】本願の請求項4の発明は、前記レーザ光源と光フィルタとの間に前記光フィルタの透過波長をカットオフ波長とするカットフィルタを更に設けたことを特徴とするものである。

【0011】このような特徴を有する本発明によれば、測定可能範囲内で未知の波長のレーザ光を光フィルタに入射する。このフィルタは所定波長の光を透過し他を反射させるため、透過した光と反射した光を夫々第1、第2の受光素子によって受光し、その出力比を出力比算出

手段によって算出する。そして出力比を波長出力手段に与え、波長データに変換することによりレーザ光源の発光波長をモニタすることができる。請求項2の発明は、このような光フィルタを多層膜による干渉光フィルタによって実現したものである。又多層膜干渉光フィルタを請求項3に示すように、所定の方角に対して透過波長が連続的に変化するように構成した波長可変型の干渉光フィルタを用い、その受光位置を変更するようにすれば、レーザ光のモニタ可能な波長範囲を変化させることができる。又請求項4の発明では、光源と光フィルタとの間にカットフィルタを設けることにより、光フィルタの特性のうち一方のスロープ部分のみを波長モニタ範囲として規定するようにしたものである。

【0012】

【発明の実施の形態】図1は本発明の第1の実施の形態による波長モニタ装置の全体構成を示すブロック図である。この波長モニタ装置は入射された光を分岐する光分岐手段1を有しており、入射光はまず図示のようにカットフィルタ2に与えられる。カットフィルタ2は所定の波長以下又は波長以上の光を遮光するものであり、このカットフィルタ2を通過した光は干渉光フィルタ3に与えられる。この干渉光フィルタ3は入射位置に応じて透過する波長が連続的に変化するように構成したものである。そしてこの干渉光フィルタ3を機械的にX軸方向に微小距離スライドさせるためのスライド調整機構4を有しており、スライド調整機構4によってフィルタを透過する光の波長を連続的に変化させることができる。

【0013】そして干渉光フィルタ3を通過する位置に第1の受光素子、例えばフォトダイオードPD1を配置し、干渉光フィルタ3から反射された光を受光する位置に第2の受光素子であるフォトダイオードPD2を配置する。これらのフォトダイオードPD1、PD2の出力は出力比算出手段5に与えられる。出力比算出手段5は第1、第2の受光素子であるフォトダイオードPD1、PD2の出力比を算出するものである。入射したレーザ光の波長はこの出力比算出手段5による出力比に基づいて認識することができる。出力比算出手段5によって算出された出力比は波長出力手段6により波長データに変換されて出力される。

【0014】次に出力比算出手段5及び波長出力手段6についてより具体的に説明する。光分岐手段1の第1、第2のフォトダイオードPD1、PD2からの出力は出力比算出手段5内のI/V変換器11、12に与えられ、電圧信号に変換される。I/V変換器11、12の出力は加算器13及び減算器14に与えられ、夫々の出力は加算及び減算されて割算器15に与えられる。割算器15は光分岐手段1で分岐された光を正規化し、これらの出力比に基づいて入力光の波長に対応した信号を出力するものである。

【0015】波長出力手段6は図1に示すように割算器

15の出力をA/D変換するA/D変換器21とA/D変換出力を波長データに変換するための変換テーブルを保持したROM22、CPU23、メモリ24、ROM22の波長データをアナログ信号に変換するD/A変換器25及び波長データを表示する表示器26を有している。D/A変換器25は波長データをアナログ信号に変換して出力するものであり、表示器26は波長データをそのまま表示するものである。又CPU23はA/D変換出力に基づいてROM22の変換テーブルを讀出するために用いられる。ROM22は既知の波長のレーザ光を入射したときの割算器15の出力に基づいてあらかじめ作成しておくものとする。

【0016】この干渉光フィルタ3は特公平7-92530号に示されるように、高屈折率膜と低屈折率膜とを交互に積層し、積層した波長の光学厚さを連続的に変化させるようにしたものである。次にこの干渉光フィルタについて図2を用いて説明する。本実施の形態による波長可変型の干渉光フィルタ3は、例えばガラス、シリコン等のサブストレータ31上に物質を多層蒸着させて構成している。このサブストレータ31は使用する波長の範囲で光の透過率が高い材質を用いて構成するものとし、誘電体や半導体を用いられる。本実施の形態では石英ガラスを用いている。そしてこのサブストレータ31の上部には、使用する波長での光の透過率の高い蒸着物質、誘電体、半導体等の多層膜32を蒸着する。ここで多層膜32は図示のように下部多層膜33、キャビティ層34及び上部多層膜35から形成されるものとする。又サブストレータ31の下面には反射防止膜36を蒸着によって形成する。

【0017】ここで多層膜32、反射防止膜36の蒸着材料として用いられる物質は、例えばSiO₂（屈折率n=1.46）、Ta₂O₅（n=2.15）、Si（n=3.46）やAl₂O₃、Si₃N₄、MgF₂等が用いられる。又本実施の形態では多層膜33、35は低屈折率膜と高屈折率膜とを交互に積層して蒸着させている。ここで膜厚dと透過波長λ、屈折率nとは以下の関係となるようにする。

$$\lambda = 4nd \quad \cdots (1)$$

即ち各層はその光学厚さndをλ/4とする。そして低屈折率膜と高屈折率膜とを交互に積み重ねることによって透過率のピークの半値全幅(FWHM)を小さくしている。又キャビティ層34の膜厚d_cとは透過波長λ、屈折率nとは以下の関係になるようにする。

$$\lambda = 2nd_c \quad \cdots (2)$$

即ちキャビティ層34の光学厚さnd_cはλ/2とする。

【0018】さて本実施の形態による干渉光フィルタ3は、透過波長と膜厚とが式(1)、(2)の関係を有することから、サブストレータ31を細長い板状の基板とし、多層膜32の屈折率を一定とし、膜厚を連続的に変

化させて透過波長 λ を異ならせるようにしている。そしてこの波長可変型干渉光フィルタ3の透過波長を $\lambda_a \sim \lambda_c$ ($\lambda_a < \lambda_c$)とし、その中心点($x = x_b$)での透過波長を λ_b とする。上下の多層膜33, 35は、夫々第1の屈折率 n_1 の第1の蒸着物質膜とこれより屈折率の低い第2の屈折率 n_2 の第2の蒸着物質膜とを、交互に積層して構成する。即ち図2(a)の円形部分の拡大図を図2(c)に示すように、夫々の膜厚を連続的に変化させている。図2(c)において、下部多層膜33の低屈折率膜を33L、高屈折率膜を33Hとし、上部多層膜35の高屈折率膜を35H、低屈折率膜を35Lとする。そして図2(a)のフィルタのX軸上での端部 x_a の透過波長 λ_a に対して、夫々低屈折率膜及び高屈折率膜で上記の式(1), (2)が成り立つように設定する。又 x_b , x_c での透過波長 λ_b , λ_c に対して、その波長 λ_b , λ_c で式(1), (2)が成り立つようにその膜厚を設定する。そしてその間の膜厚も波長の変化が直線的に変化するように設定する。従って層の各膜厚は図示のようにX軸上の位置 $x_a \sim x_c$ につれて連続的に変化し、X軸の正方向に向かって膜厚が大きくなる。

【0019】このように膜厚を連続的に変化させることは、サブストレート31上に多層膜32を蒸着して形成する際に、蒸着源との間隔を連続的に変化するようにサブストレートを傾けて配置しておくことにより、実現することができる。

【0020】又干渉光フィルタ3の膜厚自体を連続して変化させるようにしているが、各膜厚は一定とし、多層膜32の屈折率 n_1 , n_2 をX軸方向に連続的に変化させるようにして光学厚さを連続的に可変するようにしてもよい。

【0021】このようにして構成した干渉光フィルタ3は狭帯域特性を有し、しかも温度変化等に対して十分安定した特性を有している。従って干渉光フィルタ3へ光が入射する位置をスライド調整機構4を用いて機械的にX軸方向に移動させることによって、透過波長自体を連続的に変化させることができる。

【0022】図5はこの実施の形態による波長モニタ装置の斜視図である。この実施の形態では、入射光の波長をモニタして表示するための表示器26が表面パネルに設けられた波長モニタ装置を示している。

【0023】次にこの実施の形態による波長モニタ装置の動作について説明する。図3(a)はカットフィルタ2の特性を示すグラフであり、図3(b), (c)は干渉光フィルタ3の透過率、反射率の特性を示すグラフである。これらの図より明らかなようにカットフィルタ2は干渉光フィルタ3の中心周波数をカットオフ周波数としてこれより長い波長の周波数を透過し、波長の短い光を遮断するような特性を選択する。又干渉光フィルタ3は所定の波長 λ_1 の光を透過させ、図3(c)に示すよ

うにその他の光を反射させる特性を有している。このとき入射したレーザ光の波長 λ に対してフォトダイオードPD1, PD2に得られる光出力は夫々図3(d),

(e)に示すものとなる。このときフォトダイオードPD1, PD2で得られる出力は夫々図3(b)の透過率及び図3(c)の反射率に対応している。

【0024】従ってフォトダイオードPD1, PD2のI/V変換出力をA, Bとすると、これらを加算及び減算し、割算器15により割算し、 $(A-B)/(A+B)$ を算出する。割算することにより正規化したレベルは図4に示すものとなる。このように波長 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ の範囲では入射レーザ光の波長に応じたレベルの信号が得られる。この割算器15の出力はA/D変換器21によってデジタル信号に変換される。CPU23は割算出力に基づき変換テーブルが記憶されたROM22から波長データを読み出す。そしてD/A変換器25より出力すると共に、表示器26に表示する。こうすれば入射光の波長をモニタすることができる。又CPU23はROM22のテーブルに保持されているA/D変換値の中間の値が入力されたときには、比例配分等の補間処理をするようにしてもよい。

【0025】ここでモニタする波長範囲は $\lambda_1 \sim \lambda_3$ の範囲であり、図3より明らかなように干渉光フィルタ3の特性に依存する。モニタ範囲を大きくするには特性のブロードな干渉光フィルタを用いればよい。又モニタ範囲を小さくすれば分解能を向上させることができるが、この場合は急峻な特性の干渉光フィルタを用いればよい。更にこの干渉光フィルタのままでモニタ範囲を大きくするためには、カットフィルタ2をなくするにしてもよい。この場合には図4において波長 $\lambda_4 \sim \lambda_3$ の範囲内で入射した波長をモニタすることができる。この場合には図3の $\lambda_1 \sim \lambda_3$ までの範囲と $\lambda_1 \sim \lambda_4$ までの範囲で出力レベルが同一になるため、その出力変化の方向に基づいていずれの範囲の波長かを識別することが必要となる。

【0026】一方、モニタする波長範囲を変化させるためには、スライド調整機構4を用いて干渉光フィルタ3への入射光の入射位置を変えれば、図4(b), (c)に示す干渉光フィルタ3の透過波長 λ_1 を変化させることができる。この場合には変換テーブルを記憶しているROM22の内容を変更する必要がある。従って製造時にスライド調整機構4を用いて必要な波長に設定しておき、スライド調整機構4の操作部分をケース外部に露出させず、使用者側ではモニタ範囲を調整できないようにすることが好ましい。こうすれば気密封止も容易となり、使用者がモニタ範囲を調整する必要はなく、極めて簡単な構成で小型、軽量のレーザ光源のモニタ装置を実現することができる。

【0027】次に本発明の第2の実施の形態について図6を用いて説明する。第2の実施の形態においては、入

射位置によって透過光を連続的に変化させることができる干渉光フィルタ3に代えて、一定の波長の光を透過させる通常の干渉光フィルタを用いたものである。図6は第2の実施の形態によるレーザ光源の波長モニタ装置の全体構成を示すブロック図であり、前述した第1の実施の形態と同一部分は同一符号を付して詳細な説明を省略する。この実施の形態では干渉光フィルタ3に代えて、光分岐手段1A内に一定の波長の光を透過させる干渉光フィルタ41を設ける。この場合にはスライド調整機構4は不要となる。波長のモニタ範囲が例えば2〜3nm以内であればこれだけでもよいが、更に広い範囲に渡って波長をモニタできるようにする場合には、干渉光フィルタ41とフォトダイオードPD2の角度を調整する角度調整機構42を設ける。角度調整機構42はカットフィルタ4を通過して干渉光フィルタ41に入射する光の入射角度をわずかに変化させることによって透過波長 λ を入射角に応じて連続して変化させるものである。この場合には反射光を正確に受光できるように、角度調整機構42によって第2の受光素子PD2の位置を干渉光フィルタ3の角度に応じて変化させる必要がある。又この角度をあまり大きくするとP偏光とS偏光とで透過レベルが変化するため、例えば5°以内とすることが必要となる。又入射光の入射角度を0付近にすれば偏光成分による光強度の変化の影響を少なくすることができるが、反射光を受光するため光学系の形状が大きくなる。従って角度調整機構42は5°以内の範囲内に入射角度を設定し、各入射角度に応じて反射光を受光できるようにフォトダイオードPD2の位置と方向を調整できるようにすることが好ましい。

【0028】尚第2の実施の形態においても、角度調整機構42によって干渉光フィルタ41とフォトダイオードPD2の角度を変化させるようにしているが、これらを同時に調整し、しかもROM22のデータをこれと対応づけることは難しいため、製造時にモニタ範囲の波長を設定する為に所定の角度に調整した後、これを固定しておくことが好ましい。

【0029】尚前述した第1、第2の実施の形態では、出力比算出手段として加算器と減算器及びその出力比を算出する割算器を設けているが、2つのI/V変換器の比を直接算出するようにしてもよいことはいうまでもない。

【0030】

【発明の効果】以上詳細に説明したように本願の請求項1〜4の発明によれば、干渉光フィルタを用いることに

より入射光と反射光との比率から光源の発光波長をモニタするようにしている。そのため従来の分光器を用いた波長モニタ装置のような可動機構を用いることがなく、極めて簡単な構成で実現でき、小型、軽量化が可能となる。しかも測定範囲内で入射光の波長を高精度にモニタすることができるという効果が得られる。又請求項3の発明では、干渉光フィルタへの入射位置を制御することによってモニタする波長範囲を広い範囲内で制御することができるという効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態によるレーザ光源の波長モニタ装置の全体構成を示すブロック図である。

【図2】(a)は本発明の第1の実施の形態によるシングルキャビティ構造の干渉光フィルタの構成を示す断面図、(b)はそのX軸上で透過率の変化を示すグラフ、(c)は(a)の円形部分の拡大断面図である。

【図3】カットフィルタと干渉光フィルタ及びフォトダイオードPD1、PD2の発光波長に対する特性変化を示すグラフである。

【図4】波長に対する誤差信号の変化を示すグラフである。

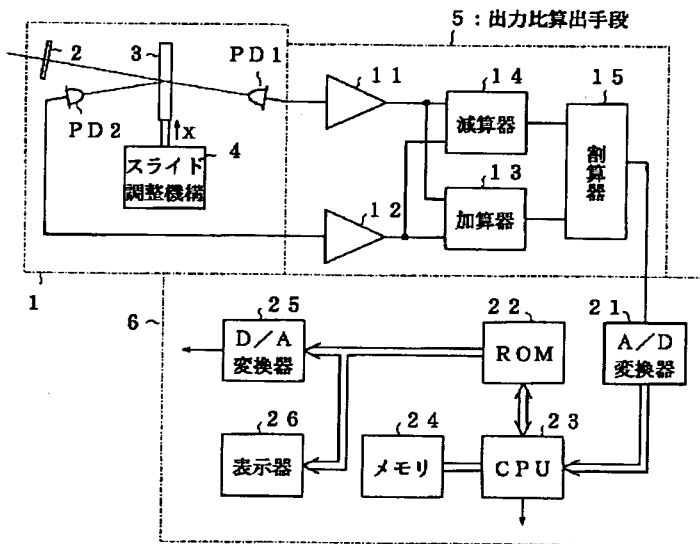
【図5】第2の実施の形態による波長制御装置の構成を示す斜視図である。

【図6】本発明の第2の実施の形態によるレーザ光源の波長モニタ装置の全体構成を示すブロック図である。

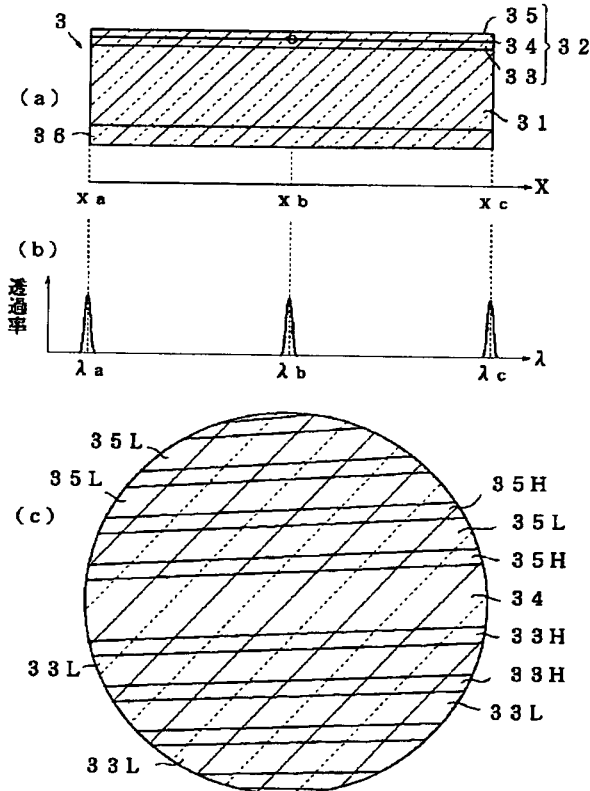
【符号の説明】

- 1 光分岐手段
- 2 カットフィルタ
- 3, 41 干渉光フィルタ
- 4 スライド調整機構
- 5 出力比算出手段
- 6 波長出力手段
- 11, 12 I/V変換器
- 13 加算器
- 14 減算器
- 15 割算器
- 21 A/D変換器
- 22 ROM
- 23 CPU
- 25 D/A変換器
- 26 表示器
- 42 角度調整機構
- PD1, PD2 フォトダイオード

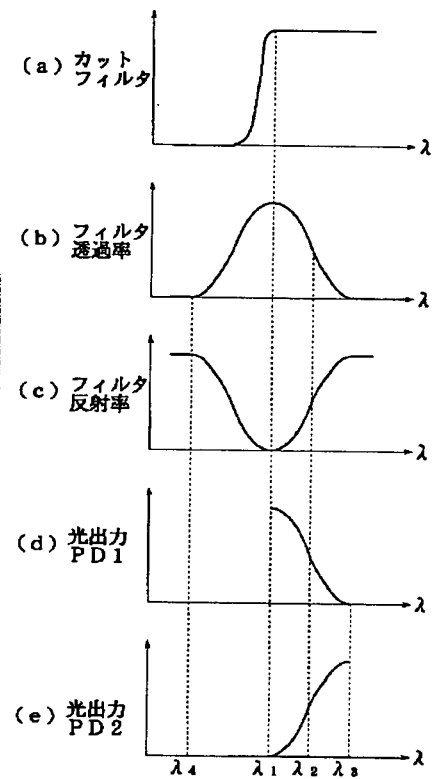
【図1】



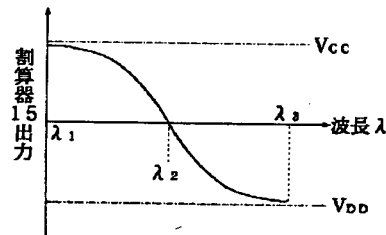
【図2】



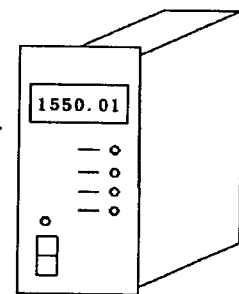
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

